

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-312369

(43) 公開日 平成10年(1998)11月24日

(51) Int.Cl.⁶
G 0 6 F 15/167
17/00
// G 0 6 F 17/50

識別記号

F I
G 0 6 F 15/16 3 1 0 A
15/20 D
15/60 6 6 4 L

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平9-123728

(22) 出願日 平成9年(1997)5月14日

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 水野 政治

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

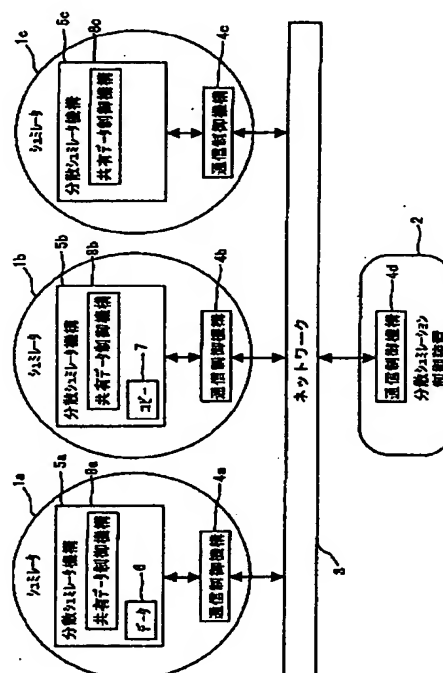
(74) 代理人 弁理士 高田 守 (外1名)

(54) 【発明の名称】 分散シミュレーションシステム

(57) 【要約】

【課題】 分散シミュレーションシステムのネットワークの通信量を削減するとともに、シミュレーション全体の性能を向上させ、また分散シミュレーションに参加できるシミュレータの数を増加する。

【解決手段】 複数のシミュレータがネットワークを介しデータを交換しながら統合してシミュレーションを行なう分散シミュレーションシステムにおいて、複数のシミュレーション間で交換するデータを管理し、データが更新された時点ではそのデータをアクセスできないようにし、参照のあった時点でデータの内容を最新のものに更新する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数のシミュレータがネットワークを介しデータを交換しながら統合してシミュレーションを行なう分散シミュレーションシステムにおいて、前記複数のシミュレータ間のデータ交換を制御する分散シミュレーション制御装置を備えるとともに、前記各シミュレータには、前記分散シミュレーション制御装置から通知される他のシミュレータでのデータの更新を監視し、他のシミュレータにおいて自シミュレータが保持するデータが更新された際に自シミュレータが保持する前記データへのアクセスを制限し、自シミュレータが前記アクセス制限されたデータを参照する際には前記他のシミュレータで更新されたデータを取り込み自シミュレータの前記データを更新する共有データ制御機構を具備したことを特徴とする分散シミュレーションシステム。

【請求項 2】 前記分散シミュレーション制御装置が前記他のシミュレータによるデータ更新内容を保持し、前記共有データ制御機構が、前記他のシミュレータで更新されたデータを前記分散シミュレーション制御装置から取り込むことを特徴とする請求項 1 に記載の分散シミュレーションシステム。

【請求項 3】 前記分散シミュレーション制御装置が、前記他のシミュレータでのデータの更新を通知し、前記共有データ制御機構が、前記他のシミュレータから前記更新されたデータを獲得するようにしたことを特徴とする請求項 1 に記載の分散シミュレーションシステム。

【請求項 4】 前記分散シミュレーション制御装置が、前記他のシミュレータでのデータの更新を通知し、前記共有データ制御機構が、前記他のシミュレータにおいて更新された前記データを、自シミュレータが動作している計算機の上で動作しているさらに他のシミュレータから獲得するようにしたことを特徴とする請求項 1 に記載の分散シミュレーションシステム。

【請求項 5】 前記分散シミュレーション制御装置が、前記他のシミュレータでのデータの更新を通知し、前記共有データ制御機構が、前記他のシミュレータで更新された前記データの送信をさらに他の複数のシミュレータに要求し、最も早くデータを転送できるシミュレータから獲得するようにしたことを特徴とする請求項 1 に記載の分散シミュレーションシステム。

【請求項 6】 自シミュレータと他のシミュレータが共通にアクセスでき、自シミュレータと前記他のシミュレータの保持するデータを格納する共有メモリを備え、前記分散シミュレーション制御装置が、前記他のシミュレータでのデータの更新を通知し、前記共有データ制御機構が、前記共有メモリから前記更新されたデータを獲得するようにしたことを特徴とする請求項 1 に記載の分散シミュレーションシステム。

【請求項 7】 前記分散シミュレーション制御装置及び前記シミュレータがデータを転送する通信制御機構を有

2

し、前記通信制御機構が複数のシミュレーション制御メッセージを一つの通信メッセージとしてまとめて送信もしくは受信できるようにしたことを特徴とする請求項 1 から 6 に記載の分散シミュレーションシステム。

【請求項 8】 前記通信制御機構が、前記シミュレーション制御メッセージを送信時に圧縮し、受信時に伸長するようにしたことを特徴とする請求項 7 に記載の分散シミュレーションシステム。

【請求項 9】 前記通信制御機構が、前記シミュレーション制御メッセージの内容を識別する識別情報を送り、この識別情報に基づいて要求された特定のメッセージの内容を送信するようにしたことを特徴とする請求項 7 に記載の分散シミュレーションシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】 この発明は、独立して動作する複数のシミュレータがネットワークを介しデータを交換しながら統合してシミュレーションを行なう分散シミュレーションシステムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 図 9 は、従来の分散シミュレーションシステムの構成例を示すブロック図である。この例は、例えば M. Furuichi et. al.: "DESIGN AND IMPLEMENTATION OF EXPERIMENTAL HLA-RTI WITHOUT EMPLOYING CORBA", Proc. of the 15th DIS Workshop, Vol. I, pp. 19 5-201, Sept., 1996 に記載されたものである。図 9 において、1 a ~ 1 c は例えば艦船や航空機、信号処理アルゴリズム等を模擬するシミュレータ、2 は複数のシミュレータ 1 a ~ 1 c 間のデータ交換を制御するとともに、各々のシミュレータの時刻進行を制御する分散シミュレーション制御装置、3 はシミュレータ 1 a ~ 1 c 及び分散シミュレーション制御装置 2 を相互に接続するネットワーク、4 a ~ 4 d はネットワーク 3 を介してシミュレータ 1 a ~ 1 c 及び分散シミュレーション制御装置 2 との間でデータを転送する通信制御機構、5 a ~ 5 c は自シミュレータと他のシミュレータとを統合化するための分散シミュレーション機構、6 はシミュレータ 1 a が更新するデータを他のシミュレータ及び分散シミュレーション制御装置 2 に通知するために分散シミュレーション機構 5 a が保持するデータのオリジナル、7 はシミュレータ 1 a が更新するデータのオリジナル 6 をシミュレータ 1 b がアクセスするために分散シミュレーション機構 5 b が保持するデータの複製である。

【0003】 次にこの分散シミュレーションシステムの動作について説明する。シミュレータ 1 a ~ 1 c は、各々 1 時刻分のシミュレーションを行なう。シミュレータ 1 a でシミュレーションした結果、データのオリジナル 6 が更新された場合には、分散シミュレーション機構 5 a は通信制御機構 4 a により分散シミュレーション制御装置 2 に更新内容を転送する。

3

【0004】分散シミュレーション制御装置2は、シミュレータ1aから更新内容を受け取ると、シミュレータ1bの状態を確認し、更新内容を送るべき条件に達していれば、通信制御機構4dによりシミュレータ1bに更新内容を送る。

【0005】シミュレータ1bでは、分散シミュレーション制御装置2から更新内容を受け取ると、分散シミュレーション機構5bは受け取った更新内容に基づき、保持しているデータの複製7を更新する。シミュレータ1a～1cでの1時刻分のシミュレーションが終了したら、分散シミュレーション機構5a～5cは分散シミュレーション制御装置2に次の時刻への進行要求を送る。

【0006】分散シミュレーション制御装置2は、シミュレータ1a～1c各々の状態を調べ、シミュレータ間で時刻の矛盾が生じないことが保証できた時点で、個々のシミュレータに対し時刻の進行許可を送る。シミュレータ1a～1cは分散シミュレーション制御装置2から進行許可を受け取ると、次の時刻のシミュレーションを実行する。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】従来の分散シミュレーションシステムは以上のように構成されているので、シミュレータ1a～1cが必要としない場合でもデータの更新内容はネットワークを介して転送されるため、不要なデータ転送によりネットワーク通信量の増大を招く。

【0008】特に複数のシミュレータ1a～1c間でシミュレーション時刻の刻みが違う場合、例えば、シミュレータ1aが1秒単位でシミュレーションを行なうのに対し、シミュレータ1bが10秒単位でシミュレーションを行なう場合、シミュレータ1bには1秒単位でデータの更新内容が送られることとなる。つまり、シミュレータ1bには10回もデータの更新内容が送られることとなるが、シミュレータ1bではそのうちの最新の更新内容(10番目に送られた更新内容)しか参照する必要がなく、9回も不要な更新内容が送られる。

【0009】こうした不要なデータ転送によるネットワーク通信量の増大により、分散シミュレーションシステム全体の性能が低下する、またはネットワークに接続できるシミュレータの数が制限されるという課題があった。また、シミュレーション制御メッセージを一つ一つ転送するため、一回の通信にかかるオーバーヘッドが分散シミュレーションシステム全体の性能低下を招くという課題があった。

【0010】この発明は上記のような問題点を解消するためになされたもので、ネットワークにおける通信量を低減し、シミュレーションの実行時間の向上、もしくは接続可能なシミュレータ数を増大させる分散シミュレーションシステムを得ることを目的とする

【0011】

【課題を解決するための手段】この発明の分散シミュ

4

レーションシステムは、複数のシミュレータがネットワークを介しデータを交換しながら統合してシミュレーションを行なう分散シミュレーションシステムにおいて、前記複数のシミュレータ間のデータ交換を制御する分散シミュレーション制御装置を備えるとともに、前記各シミュレータには、前記分散シミュレーション制御装置から通知される他のシミュレータでのデータの更新を監視し、他のシミュレータにおいて自シミュレータが保持するデータが更新された際に自シミュレータが保持する前記データへのアクセスを制限し、自シミュレータが前記アクセス制限されたデータを参照する際には前記他のシミュレータで更新されたデータを取り込み自シミュレータの前記データを更新する共有データ制御機構を具備したことを特徴とするものである。

【0012】また、この発明の分散シミュレーションシステムは、前記分散シミュレーション制御装置が前記他のシミュレータによるデータ更新内容を保持し、前記共有データ制御機構が、前記他のシミュレータで更新されたデータを前記分散シミュレーション制御装置から取り込むことを特徴とするものである。

【0013】また、この発明の分散シミュレーションシステムは、前記分散シミュレーション制御装置が、前記他のシミュレータでのデータの更新を通知し、前記共有データ制御機構が、前記他のシミュレータから前記更新されたデータを取り込むようにしたことを特徴とするものである。

【0014】また、この発明の分散シミュレーションシステムは、前記分散シミュレーション制御装置が、前記他のシミュレータでのデータの更新を通知し、前記共有データ制御機構が、前記他のシミュレータにおいて更新された前記データを、自シミュレータが動作している計算機の上で動作しているさらに他のシミュレータから取り込むようにしたことを特徴とするものである。

【0015】また、この発明の分散シミュレーションシステムは、前記分散シミュレーション制御装置が、前記他のシミュレータでのデータの更新を通知し、前記共有データ制御機構が、前記他のシミュレータで更新された前記データの送信をさらに他の複数のシミュレータに要求し、最も早くデータを転送できるシミュレータから取り込むようにしたことを特徴とするものである。

【0016】また、この発明の分散シミュレーションシステムは、自シミュレータと他のシミュレータが共通にアクセスでき、自シミュレータと前記他のシミュレータの保持するデータを格納する共有メモリを備え、前記分散シミュレーション制御装置が、前記他のシミュレータでのデータの更新を通知し、前記共有データ制御機構が、前記共有メモリから前記更新されたデータを取り込むようにしたことを特徴とするものである。

【0017】また、この発明の分散シミュレーションシステムは、前記分散シミュレーション制御装置及び前記

5

シミュレータがデータを転送する通信制御機構を有し、前記通信制御機構が複数のシミュレーション制御メッセージを一つの通信メッセージとしてまとめて送信もしくは受信できるようにしたことを特徴とするものである。

【0018】また、この発明の分散シミュレーションシステムは、前記通信制御機構が、前記シミュレーション制御メッセージを送信時に圧縮し、受信時に伸長するようにしたことを特徴とするものである。

【0019】また、この発明の分散シミュレーションシステムは、前記通信制御機構が、前記シミュレーション制御メッセージの内容を識別する識別情報を送り、この識別情報に基づいて要求された特定のメッセージの内容を送信するようにしたことを特徴とするものである。

【0020】

【発明の実施の形態】以下に、この発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。なお、図中、同一の符号は、それぞれ同一又は相当部分を示す。

実施の形態 1. 図 1 は、この発明の実施の形態 1 による分散シミュレーションシステムの構成を示すブロック図である。図 1 において、1 a, 1 b, 1 c は例えば艦船や航空機、信号処理アルゴリズム等を模擬するシミュレータ、2 は複数のシミュレータ 1 a ~ 1 c 間のデータ交換を制御するとともに、各々のシミュレータ 1 a ~ 1 c の時刻進行を制御する分散シミュレーション制御装置、3 はシミュレータ 1 a ~ 1 c 及び分散シミュレーション制御装置 2 を相互に接続するネットワーク、4 a, 4 b, 4 c, 4 d はネットワーク 3 を介してシミュレータ 1 a ~ 1 c 及び分散シミュレーション制御装置 2 との間でデータを転送する通信制御機構、5 a, 5 b, 5 c は自シミュレータと他のシミュレータとを統合化するための分散シミュレーション機構、6 はシミュレータ 1 a が更新するデータを他のシミュレータ 1 b, 1 c 及び分散シミュレーション制御装置 2 に通知するために分散シミュレーション機構 5 a が保持するデータのオリジナル、7 はシミュレータ 1 a が更新するデータのオリジナル 6 をシミュレータ 1 b がアクセスするために分散シミュレーション機構 5 b が保持するデータの複製である。

【0021】また、8 a, 8 b, 8 c は分散シミュレーション制御装置 2 から通知される他のシミュレータでのデータの更新を監視し、他のシミュレータにおいて自シミュレータが保持するデータが更新された際に自シミュレータが保持する前記データへのアクセスを制限し、自シミュレータが前記アクセス制限されたデータを参照する際には前記他のシミュレータで更新されたデータを取り込み自シミュレータの前記データを更新する共有データ制御機構である。

【0022】次に、この実施の形態 1 による分散シミュレーションシステムの動作について説明する。図 1 において、シミュレータ 1 a ~ 1 c は、各々 1 時刻分のシミュレーションを行なう。シミュレータ 1 a でシミュレ

6

ーションした結果、データのオリジナル 6 が更新された場合には、分散シミュレーション機構 5 a は、通信制御機構 4 a により分散シミュレーション制御装置 2 に更新内容を転送する。

【0023】分散シミュレーション制御装置 2 は、シミュレータ 1 a から更新内容を受け取ると、シミュレータ 1 b の状態を確認し、更新内容を送るべき条件に達していれば、通信制御機構 4 d によりシミュレータ 1 b にデータのオリジナル 6 が更新されたことを通知する。この時、更新されたデータの内容はシミュレータ 1 b に送信しない。

【0024】シミュレータ 1 b では、分散シミュレーション制御装置 2 からデータのオリジナル 6 が更新されたことを通知されると、共有データ制御機構 8 b が、分散シミュレーション機構 5 b が保持しているデータの複製 7 へのアクセスを制限する。

【0025】シミュレータ 1 a ~ 1 c での 1 時刻分のシミュレーションが終了したら、分散シミュレーション機構 5 a ~ 5 c は分散シミュレーション制御装置 2 に次の時刻への進行要求を送る。分散シミュレーション制御装置 2 は、シミュレータ 1 a ~ 1 c 各々の状態を調べ、シミュレータ間で時刻の矛盾が生じないことが保証できた時点で、個々のシミュレータ 1 a ~ 1 c に対し時刻の進行許可を送る。

【0026】シミュレータ 1 a ~ 1 c は分散シミュレーション制御装置 2 から進行許可を受け取ると、次の時刻のシミュレーションを実行する。シミュレータ 1 b においてシミュレーションを実行する際に、データの複製 7 を参照しようとする、分散シミュレーション機構 5 b は共有データ制御機構 8 b により、データの複製 7 がアクセス可能かどうか確認する。もし、アクセス可能であれば現在のデータの複製 7 の内容をそのまま使用する。

【0027】もし、データの複製 7 へのアクセスが制限されている場合には、共有データ制御機構 8 b は通信制御機構 4 b を介して、分散シミュレーション制御装置 2 に最新の更新内容を送信するよう要求する。要求を受け取った分散シミュレーション制御装置 2 は、先に送信しなかった更新内容を共有データ制御機構 8 b へ転送する。共有データ制御機構 8 b はデータの複製 7 を最新の内容に更新して、データの複製 7 をアクセス可能とする。

【0028】なお、この実施の形態において、図 2 に示すように、シミュレータ 1 a ~ 1 c 及び分散シミュレーション制御装置 2 は、各々が別々の計算機 9 a, 9 b, 9 c, 9 d の上で実行されていてもよい。また、図 3 に示すように、複数のシミュレータ 1 b, 1 c が同一の計算機 9 b 上で実行されていてもよい。また、図 4 に示すように、いずれかのシミュレータ 1 c と分散シミュレーション制御装置 2 が同一の計算機 9 c の上で実行されていてもよい。さらにまた、図 5 に示すように、すべての

7

シミュレータ 1 a ~ 1 c と分散シミュレーション制御装置 2 が同一の計算機 9 a の上で実行されているようによい。

【0029】以上説明したように、この実施の形態による分散シミュレーションシステムでは、共有データ制御機構 8 b により、分散シミュレーション制御装置 2 から通知される他のシミュレータ 1 a でのデータ更新内容を監視し、他のシミュレータ 1 a において、自シミュレータ 1 b が保持するデータが更新された際に、自シミュレータの前記データへのアクセスのみを制限し、更新内容はネットワークを介して転送せず、自シミュレータ 1 b がアクセスを制限された前記データを参照する際には、所望のデータをネットワークを介して転送して最新の内容に更新する。

【0030】また、この実施の形態による分散シミュレーションシステムでは、共有データ制御機構 8 b により、自シミュレータ 1 b がアクセスを制限されたデータを参照する際に、所望のデータを、ネットワークを介して分散シミュレーション制御装置 2 から転送して最新の内容に更新する。

【0031】以上のように、この実施の形態によれば、各シミュレータ 1 a ~ 1 c の保持するデータは、参照のあったときにのみネットワークを介して転送されるため、ネットワークの通信量を低減でき、シミュレーションシステムの性能を向上できるという効果がある。

【0032】実施の形態 2. この発明の実施の形態 2 による分散シミュレーションシステムの動作について、図 1 を参照して説明する。実施の形態 1 では、シミュレータ 1 a でデータのオリジナル 6 が更新された場合、分散シミュレーション機構 5 a は通信制御機構 4 a により分散シミュレーション制御装置 2 に更新内容を転送していたが、この実施の形態 2 では、分散シミュレーション制御装置 2 にはデータのオリジナル 6 が更新されたことを通知するのみで更新されたデータの内容は送信しない。

【0033】分散シミュレーション制御装置 2 は、シミュレータ 1 a から更新の通知を受け取ると、シミュレータ 1 b の状態を確認し、更新内容を送るべき条件に達していれば、通信制御機構 4 d によりシミュレータ 1 b にデータのオリジナル 6 が更新されたことを通知する。シミュレータ 1 b では、実施の形態 1 と同様に、分散シミュレーション制御装置 2 からデータのオリジナル 6 が更新されたことを通知されると、共有データ制御機構 8 b が、分散シミュレーション機構 5 b が保持しているデータの複製 7 へのアクセスを制限する。

【0034】シミュレータ 1 b においてシミュレーションを実行する際に、データの複製 7 を参照しようとし、かつデータの複製 7 へのアクセスが制限されている場合、実施の形態 1 では、分散シミュレーション制御装置 2 に最新の更新内容を送信するよう要求したが、この実施の形態 2 では、共有データ制御機構 8 b は通信制御機

8

構 4 b を介して、シミュレータ 1 a に最新の更新内容を送信するよう要求する。要求を受け取ったシミュレータ 1 a は、先に送信しなかった更新内容を共有データ制御機構 8 b へ転送する。共有データ制御機構 8 b はデータの複製 7 を最新の内容に更新して、データの複製 7 をアクセス可能とする。

【0035】以上説明したように、この実施の形態による分散シミュレーションシステムでは、共有データ制御機構 8 b により、自シミュレータ 1 b がアクセスを制限されたデータを参照する際に、所望のデータを、ネットワークを介してデータを更新したシミュレータ 1 a から転送して最新の内容に更新する。

【0036】以上のように、この実施の形態によれば、更新内容が分散シミュレーション制御装置 2 に転送されず、ネットワークを介して直接に転送されるため、ネットワークの通信量を低減でき、シミュレーションシステムの性能を向上できるという効果がある。

【0037】実施の形態 3. この発明の実施の形態 3 による分散シミュレーションシステムの動作について、図 1 及び図 3 を参照して説明する。実施の形態 2 では、シミュレータ 1 b においてシミュレーションを実行する際に、データの複製 7 を参照しようとし、かつデータの複製 7 へのアクセスが制限されている場合、シミュレータ 1 a に最新の更新内容を送信するよう要求したが、この実施の形態 3 では、共有データ制御機構 8 b は通信制御機構 4 b を介して、同一の計算機上で実行されているシミュレータ、例えば、図 3 に示すように、シミュレータ 1 b と同一の計算機 9 b 上でシミュレータ 1 c が動作する場合、シミュレータ 1 c に最新の更新内容を送信するよう要求する。

【0038】シミュレータ 1 c では、要求を受け取った時、共有データ制御機構 8 c において、最新の更新内容をもったデータのオリジナル 6 の複製を保持しているかどうかをチェックし、もし保持する場合には、シミュレータ 1 b に最新の更新内容を転送する。保持しない場合には、シミュレータ 1 b にその旨通知する。

【0039】共有データ制御機構 8 b は、共有データ制御機構 8 c から最新の内容が送られてきた場合には、データの複製 7 を最新の内容に更新して、データの複製 7 をアクセス可能とする。保持していないとの通知を受け取った場合には、データの更新元であるシミュレータ 1 a に最新の更新内容を送信するよう要求し、データの複製 7 を最新の内容にする。

【0040】以上説明したように、この実施の形態による分散シミュレーションシステムでは、共有データ制御機構 8 b により、自シミュレータ 1 b がアクセスを制限されたデータを参照する際に、ネットワークを介さず、所望のデータを自シミュレータ 1 b が動作している計算機の上で動作しているシミュレータ 1 c から獲得して最新の内容に更新する。

【0041】以上のように、この実施の形態によれば、同一計算機上に更新データがある場合には、ネットワークを使用せずに最新の内容を獲得できるため、ネットワークの通信量を低減でき、シミュレーションシステムの性能を向上できるという効果がある。

【0042】実施の形態4：この発明の実施の形態4による分散シミュレーションシステムの動作について、図1を参照して説明する。実施の形態2では、シミュレータ1bにおいてシミュレーションを実行する際に、データの複製7を参照しようとし、かつデータの複製7へのアクセスが制限されている場合、シミュレータ1aに最新の更新内容を送信するよう要求したが、この実施の形態4では、共有データ制御機構8bは通信制御機構4bを介して、すべてのシミュレータ1a及び1cに、シミュレータ1bに最新の更新内容を送信するよう要求する。

【0043】シミュレータ1aでは、要求を受け取った時、データのオリジナル6の最新の更新内容を転送可能であることをシミュレータ1bに通知する。同様に、シミュレータ1cでは、要求を受け取った時、共有データ制御機構8cにおいて、最新の更新内容をもったデータのオリジナル6の複製を保持しているかどうかをチェックし、もし保持する場合には、シミュレータ1bに最新の更新内容を転送可能であることを通知する。保持しない場合には、シミュレータ1bにその旨通知する。

【0044】共有データ制御機構8bは、共有データ制御機構8a及び8cからの返答を待ち、最も早く転送可能であるとの通知を送ってきたものに対し、再度最新の更新内容を送信するよう要求し、データの複製7を最新の内容に更新して、データの複製7をアクセス可能とする。

【0045】以上説明したように、この実施の形態による分散シミュレーションシステムでは、共有データ制御機構8bにより、自シミュレータ1bがアクセスを制限されたデータを参照する際に、所望のデータを最も早くデータを転送できるシミュレータ1aまたは1cから獲得して最新の内容に更新する。以上のように、この実施の形態によれば、最も早く最新の更新内容を転送できるため、シミュレーションの実行性能を向上できるという効果がある。

【0046】実施の形態5：図6は、この発明の実施の形態5による分散シミュレーションシステムの構成を示すブロック図である。図6において、10はシミュレータ1a及び1bが共通にアクセスでき、シミュレータ1a及び1bの保持するデータを格納する共有メモリ、11はデータのオリジナル6の更新内容である。その他の構成部分は、図1に示したものと同様であるから、説明を省略する。

【0047】次に、この実施の形態5による分散シミュレーションシステムの動作について説明する。シミュレ

ータ1aでデータのオリジナル6が更新された場合、分散シミュレーション機構5aはその更新内容を共有メモリ10に書き込むとともに、通信制御機構4aにより分散シミュレーション制御装置2にはデータのオリジナル6が更新されたことと更新内容11のアドレスを通知する。

【0048】分散シミュレーション制御装置2は、シミュレータ1aから更新の通知を受け取ると、シミュレータ1bの状態を確認し、更新内容を送るべき条件に達していれば、通信制御機構4dによりシミュレータ1bにデータのオリジナル6が更新されたことと更新内容11のアドレスを通知する。

【0049】シミュレータ1bでは、分散シミュレーション制御装置2からデータのオリジナル6が更新されたことを通知されると、共有データ制御機構8bが、分散シミュレーション機構5bが保持しているデータの複製7へのアクセスを制限する。

【0050】シミュレータ1bにおいてシミュレーションを実行する際に、データの複製7を参照しようとする、分散シミュレーション機構5bは共有データ制御機構8bにより、データの複製7がアクセス可能かどうかを確認する。もし、アクセス可能であれば、現在のデータの複製7の内容をそのまま使用する。

【0051】もし、データの複製7へのアクセスが制限されている場合には、共有データ制御機構8bは、共有メモリ10内の更新内容11を参照し、データの複製7を最新の内容に更新してアクセス可能とする。

【0052】なお、上記実施の形態において、共有メモリ10は同一の計算機上で動作するシミュレータが共通にアクセスできるものであったが、異なる計算機上で動作するシミュレータが共通にアクセスできる共有メモリに置き換えてもよい。

【0053】以上説明したように、この実施の形態による分散シミュレーションシステムでは、同一の計算機上で動作しているシミュレータ1a、1bが、あるいは、異なる計算機上で動作しているシミュレータ間の場合でも、各シミュレータ1a、1bの保持するデータを共有メモリ10に格納し、共通にアクセスできる。

【0054】以上のように、この実施の形態によれば、同一の計算機上で動作しているシミュレータ間では、あるいは、異なる計算機上で動作しているシミュレータ間の場合でも、共有メモリへアクセスすることにより更新内容をやり取りできるため、メッセージの送受信時に発生するオーバーヘッドを削減でき、シミュレーションの実行性能を向上できるという効果がある。

【0055】実施の形態6：図7は、この発明の実施の形態6による分散シミュレーションシステムで用いる通信制御機構の構成を示すブロック図であり、12は他の通信制御機構とネットワーク3を介してデータを交換するための送受信機構、13は送信するデータを蓄えてお

11

く送信バッファである。

【0056】次に、この実施の形態6による分散シミュレーションシステムの動作について説明する。例えば、分散シミュレーション制御装置2はシミュレータ1bに対し、他のシミュレータのデータ更新内容やシミュレーション時刻の進行許可などのシミュレーション制御メッセージを複数個転送する。データの更新内容のみ着目しても、(1)シミュレータ1bが複数個のデータを参照しているため分散シミュレーション機構5b内に複数個のデータの複製7が存在する時、(2)シミュレータ1bが1個のデータのみを参照していても1時刻分のシミュレーション時刻内で何度も更新される時、などには複数のデータの更新を知らせるメッセージをシミュレータ1bに送信する。

【0057】分散シミュレーション制御装置2がシミュレータ1bに対してシミュレーション制御メッセージを転送するよう、通信制御機構4dに要求すると、通信制御機構4dはそのメッセージを一旦送信バッファ13に格納する。

【0058】同様に、異なるシミュレーション制御メッセージを分散シミュレーション制御装置2がシミュレータ1bに対して転送する場合にも、通信制御機構4dはそのメッセージを一旦送信バッファ13に格納する。

【0059】通信制御機構4dは、ある条件に達した時、それまでに送信バッファ13に蓄えた複数のシミュレーション制御メッセージを取り出し、それらを一つのメッセージに変換して送受信機構12を使ってシミュレータ1bに送信する。送信する条件は例えば次のようなものである。

(1)送信バッファ13に蓄えたメッセージの数が、予め設定された数以上になった時、(2)送信バッファ13に蓄えたメッセージの大きさが、予め設定された大きさ以上になった時、(3)シミュレーション制御メッセージが、シミュレータ1bの時刻進行を許可するものであった時。

【0060】シミュレータ1bでは分散シミュレーション制御装置2からメッセージが到着すると、通信制御機構4bにおいてそのメッセージを元の複数のシミュレーション制御メッセージに分解し、各々のシミュレーション制御メッセージがあたかも別々に到着したように扱う。

【0061】なお、上記実施の形態において、分散シミュレーション制御装置2からシミュレータ1bにシミュレーション制御メッセージを送信する場合について説明したが、分散シミュレーション制御装置2からシミュレータ1aもしくは1cに送信する場合、シミュレータ1a、1bもしくは1cから分散シミュレーション制御装置2に送信する場合も同様である。

【0062】以上説明したように、この実施の形態による分散シミュレーションシステムでは、通信制御機構4

12

dにより、分散シミュレーション制御装置2から通知される、他のシミュレータのデータ更新内容やシミュレーション時刻の進行許可などの複数のシミュレーション制御メッセージが一つの通信メッセージとしてまとめられて、送受信される。以上のように、この実施の形態によれば、メッセージの送受信時に発生するオーバーヘッドを削減できるため、シミュレーションの実行性能を向上できるという効果がある。

【0063】実施の形態7. 図8は、この発明の実施の形態7による分散シミュレーションシステムで用いる通信制御機構の構成を示すブロック図である。図8において、14はネットワーク3を介して送信するメッセージを圧縮する、もしくはネットワーク3を介して受信したメッセージを伸長する圧縮・伸長機構である。その他の構成部分は、図7と同様であるから、説明を省略する。

【0064】次に、この実施の形態7による分散シミュレーションシステムの動作について説明する。実施の形態6と同様に、通信制御機構4dは、複数のシミュレーション制御メッセージを送信バッファ13に蓄え、ある条件に達した時、それらを取り出し、一つのメッセージに変換する。

【0065】通信制御機構4dは一つに変換したメッセージを圧縮・伸長機構14により何らかの方法で圧縮した後、送受信機構12を使って送信する。メッセージを受信した通信制御機構4bは、まず圧縮・伸長機構14により何らかの方法でメッセージを伸長した後、元の複数のシミュレーション制御メッセージに分解し、各々のシミュレーション制御メッセージがあたかも別々に到着したように扱う。

【0066】なお、以上の説明において、分散シミュレーション制御装置2からシミュレータ1bにシミュレーション制御メッセージを送信する場合について説明したが、分散シミュレーション制御装置2からシミュレータ1aもしくは1cに送信する場合、シミュレータ1a、1bもしくは1cから分散シミュレーション制御装置2に送信する場合も同様である。

【0067】以上説明したように、この実施の形態による分散シミュレーションシステムでは、通信制御機構4dにより、シミュレーション制御メッセージを送信時に圧縮し、受信時に伸長する。以上のように、この実施の形態によれば、データ量を削減できるため、ネットワークの通信量を低減でき、シミュレーションシステムの性能を向上できるという効果がある。

【0068】実施の形態8. 次に、この実施の形態8による分散シミュレーションシステムの動作について、実施の形態6と同様に、図7を用いて説明する。実施の形態6と同様に、通信制御機構4dは、複数のシミュレーション制御メッセージを送信バッファ13に蓄えるが、この実施の形態8においては、ある定められた条件に達した時、通信制御機構4dは、それらの識別情報のみを

取り出し、一つのメッセージに変換する。

【0069】複数のシミュレーション制御メッセージを一つのメッセージに変換する時に、メッセージの各々を識別するための情報、例えば、メッセージの種類、発行時刻、発行元のシミュレータのみを取り出し、一つのメッセージとする。シミュレーション制御メッセージに含まれるデータの更新内容等は、ここで作成するメッセージに含まず、送信バッファ13内に格納しておく。

【0070】メッセージを受信した通信制御機構4dは、まずメッセージを元の複数のシミュレーション制御メッセージに分解する。その時、情報の不足している部分のあるメッセージをチェックしておく。

【0071】次に分解した複数のシミュレーション制御メッセージを参照する時点で、情報の不足しているメッセージがあれば、そのメッセージの送信元に対して再送要求を送る。再送要求を受け取った通信制御機構4a~4cは、対応するメッセージを送信バッファ13から取り出し、要求元に再送する。

【0072】なお、以上の説明において、分散シミュレーション制御装置2からシミュレータ1bにシミュレーション制御メッセージを送信する場合について説明したが、分散シミュレーション制御装置2からシミュレータ1aもしくは1cに送信する場合、シミュレータ1a、1bもしくは1cから分散シミュレーション制御装置2に送信する場合も同様である。

【0073】以上説明したように、この実施の形態による分散シミュレーションシステムでは、通信制御機構により、シミュレーション制御メッセージの各々を識別するための情報のみを送り、指定された所望のメッセージの内容を必要に応じて再送する。

【0074】以上のように、この実施の形態によれば、複数のシミュレーション制御メッセージのうち、必要なもののみその内容を転送するため、ネットワークの通信量を低減でき、シミュレーションシステムの性能を向上できるという効果がある。

【0075】

【発明の効果】以上説明したように、本願の発明によれば、各シミュレータの保持するデータは、参照のあったときにのみネットワークを介して転送されるため、ネットワークの通信量を低減でき、シミュレーションシステムの性能を向上できるという効果がある。

【0076】また、本願の他の発明によれば、更新内容が分散シミュレーション制御装置に転送されず、ネットワークを介して直接転送されるため、ネットワークの通信量を低減でき、シミュレーションシステムの性能を向上できるという効果がある。

【0077】また、本願の他の発明によれば、同一計算機上に更新データがある場合には、ネットワークを使用せずに最新の内容を獲得できるため、ネットワークの通信量を低減でき、シミュレーションシステムの性能を向

上できるという効果がある。

【0078】また、本願の他の発明によれば、最も早く最新の更新内容を転送できるため、シミュレーションの実行性能を向上できるという効果がある。

【0079】また、本願の他の発明によれば、複数のシミュレータ間で共有メモリへアクセスすることにより更新内容をやり取りできるため、メッセージの送受信時に発生するオーバーヘッドを削減でき、シミュレーションの実行性能を向上できるという効果がある。

10 【0080】また、本願の他の発明によれば、メッセージの送受信時に発生するオーバーヘッドを削減できるため、シミュレーションの実行性能を向上できるという効果がある。

【0081】また、本願の他の発明によれば、データ量を削減できるため、ネットワークの通信量を低減でき、シミュレーションシステムの性能を向上できるという効果がある。

20 【0082】また、本願の他の発明によれば、複数のシミュレーション制御メッセージのうち、必要なもののみその内容を転送するため、ネットワークの通信量を低減でき、シミュレーションシステムの性能を向上できるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1による分散シミュレーションシステムの構成を示すブロック図である。

【図2】 この発明の実施の形態1による分散シミュレーションシステムにおいて、すべてのシミュレータが別々の計算機上で実行される場合の分散シミュレーションの構成図である。

30 【図3】 この発明の実施の形態1による分散シミュレーションシステムにおいて、複数のシミュレータが同一の計算機上で実行される場合の分散シミュレーションの構成図である。

【図4】 この発明の実施の形態1による分散シミュレーションシステムにおいて、いずれかのシミュレータと分散シミュレーション制御装置が同一の計算機上で実行される場合の分散シミュレーションの構成図である。

40 【図5】 この発明の実施の形態1による分散シミュレーションシステムにおいて、すべてのシミュレータと分散シミュレーション制御装置が同一の計算機上で実行される場合の分散シミュレーションの構成図である。

【図6】 この発明の実施の形態5による分散シミュレーションシステムの構成を示すブロック図である。

【図7】 この発明の実施の形態6による分散シミュレーションシステムにおける通信制御機構の構成を示すブロック図である。

【図8】 この発明の実施の形態7による分散シミュレーションシステムにおける通信制御機構の構成を示すブロック図である。

50 【図9】 従来の分散シミュレーションシステムの構成

15

を示すブロック図である。

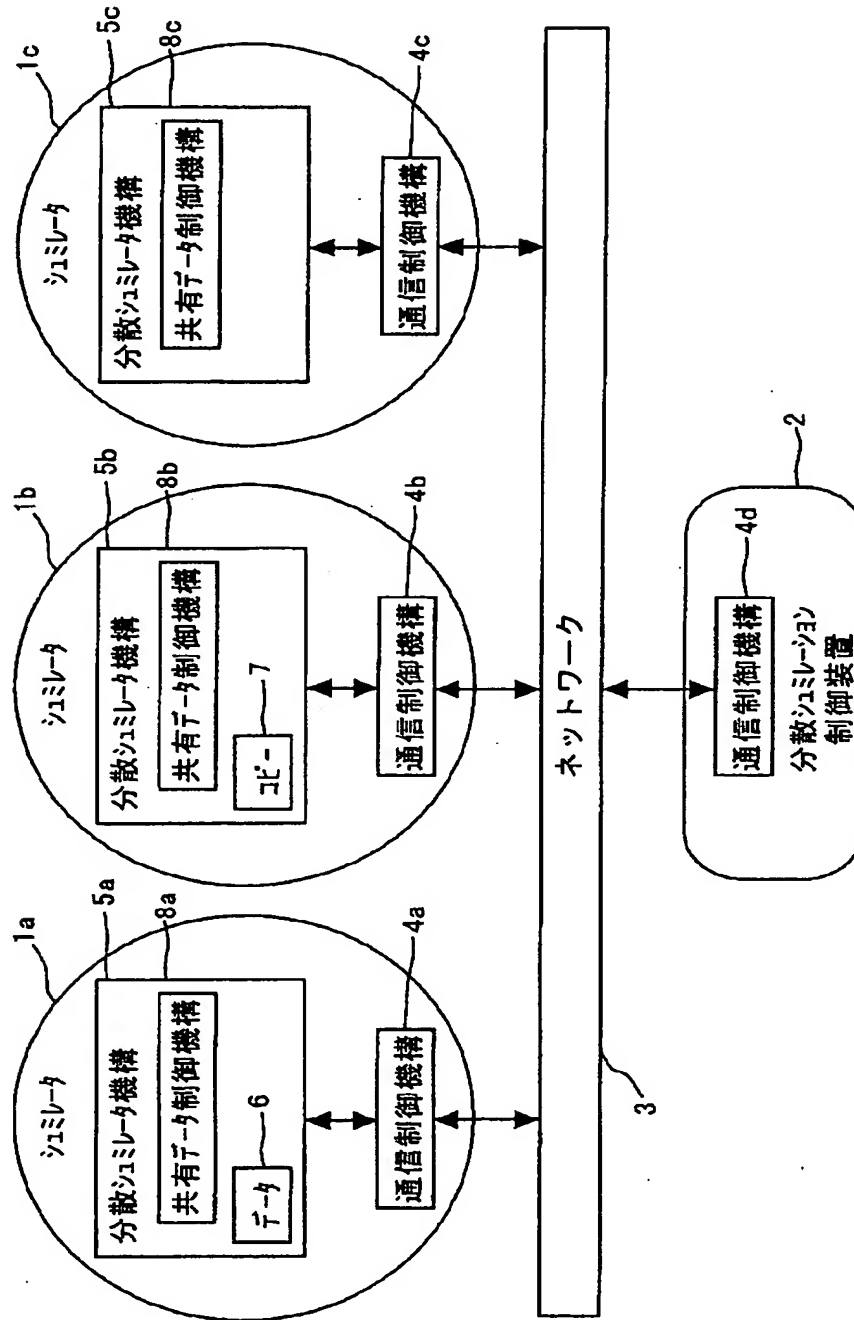
【符号の説明】

1 a, 1 b, 1 c シミュレータ、 2 分散シミュレーション制御装置、 3 ネットワーク、 4 a, 4 b, 4 c, 4 d 通信制御機構、 5 a, 5 b, 5 c 分散 *

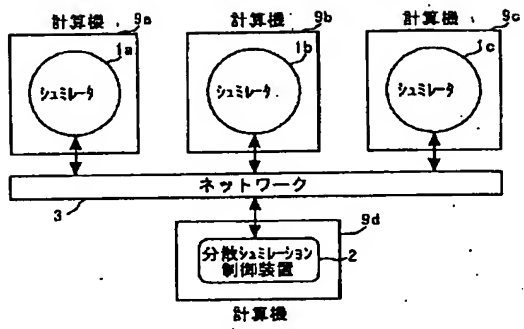
16

*シミュレーション機構、 6 データのオリジナル、 7 データの複製、 8 a, 8 b, 8 c 共有データ制御機構、 9 a, 9 b, 9 c, 9 d 計算機、 10 共有メモリ、 11 更新内容、 12 送受信機構、 13 送信バッファ、 14 圧縮・伸長機構。

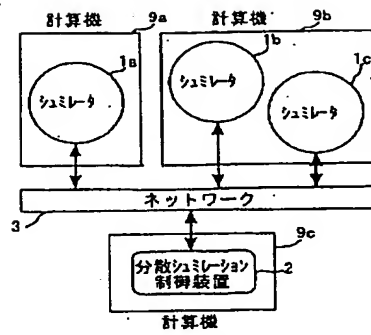
【図1】



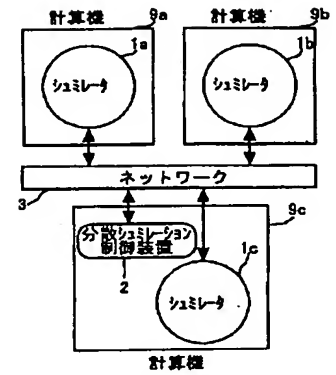
【図2】



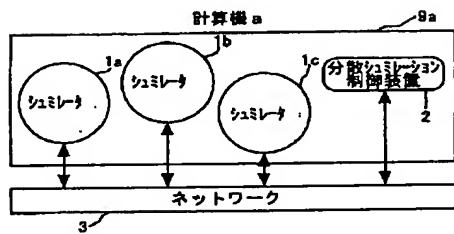
【図3】



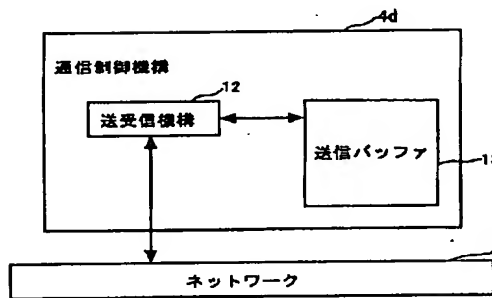
【図4】



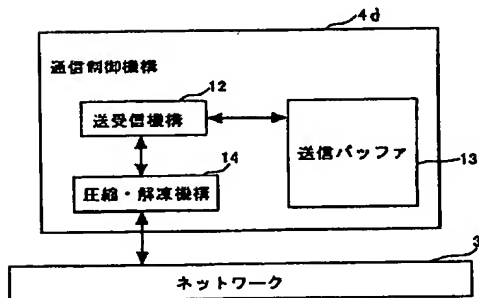
【図5】



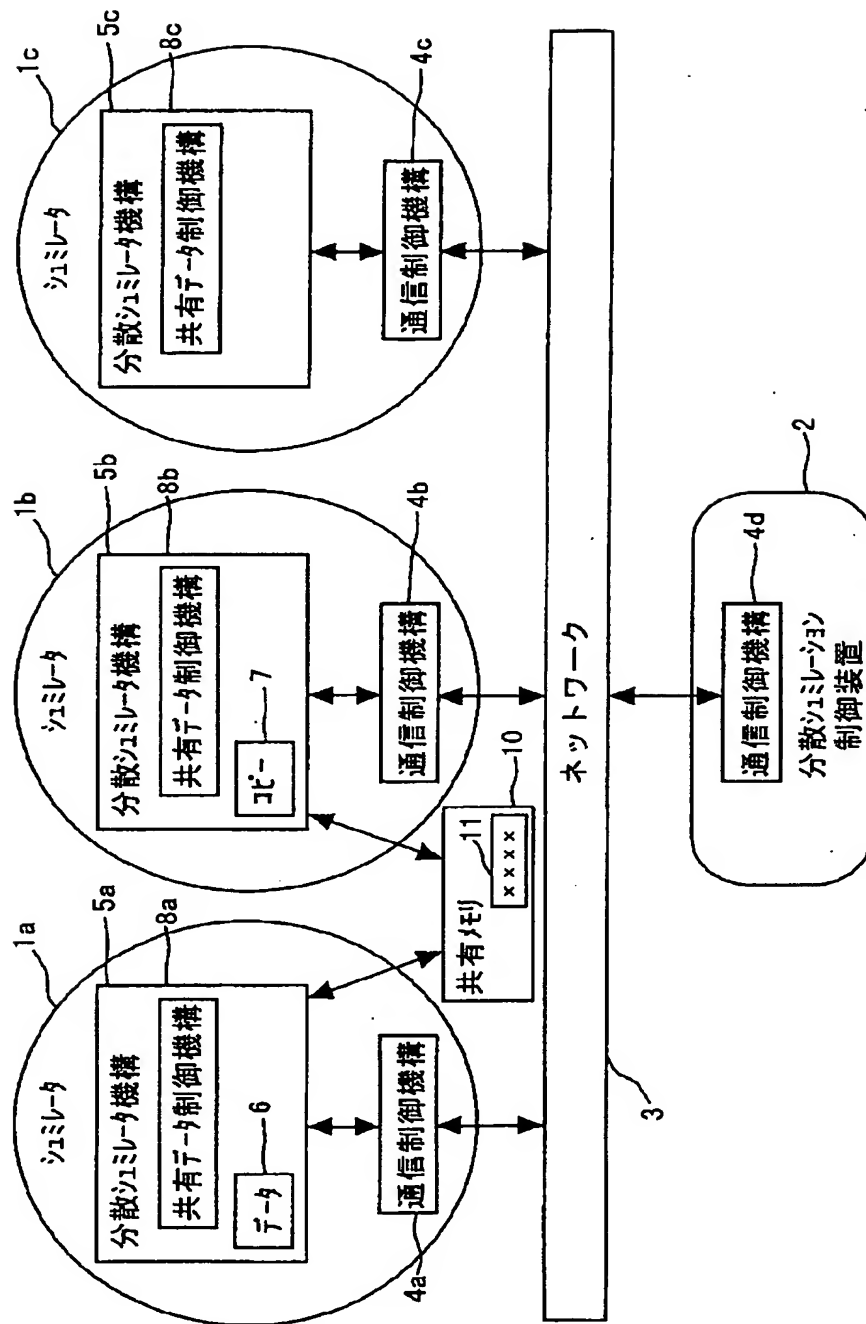
【図7】



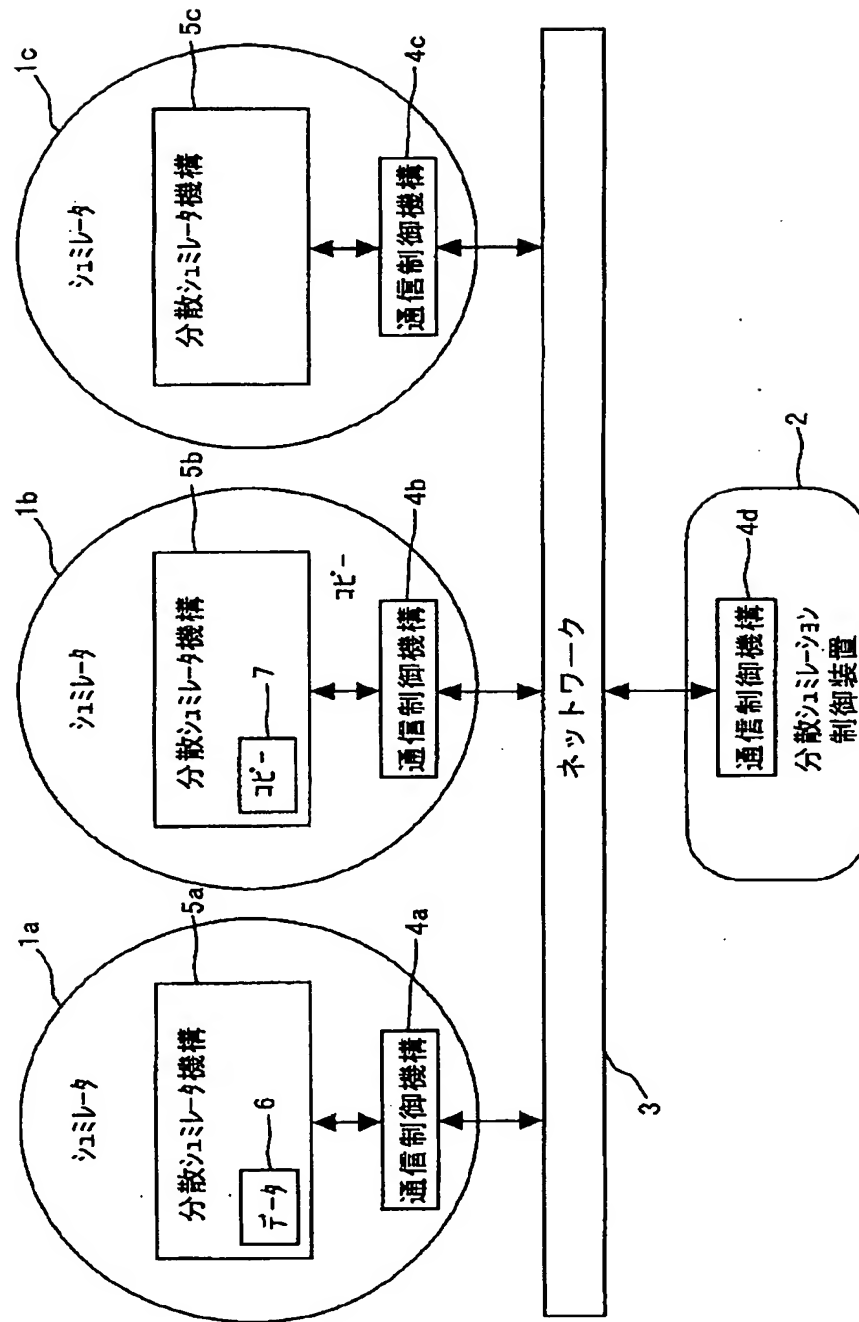
【図8】



【図6】



【図9】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.